



RAPPORT LNR 5185-2006

Skaun kommune

Undersøkelse for å finne
miljømessig gunstig
utslippsdyp for kommunalt
avløpsvann



Norsk institutt for vannforskning

RAPPORT

Hovedkontor

Postboks 173, Kjelsås
0411 Oslo
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 22 18 52 00
Internet: www.niva.no

Sørlandsavdelingen

Televeien 3
4879 Grimstad
Telefon (47) 37 29 50 55
Telefax (47) 37 04 45 13

Østlandsavdelingen

Sandvikaveien 41
2312 Ottestad
Telefon (47) 62 57 64 00
Telefax (47) 62 57 66 53

Vestlandsavdelingen

Nordnesboder 5
5005 Bergen
Telefon (47) 55 30 22 50
Telefax (47) 55 30 22 51

Midt-Norge

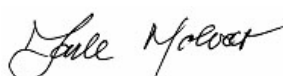
Postboks 1266
7462 Trondheim
Telefon (47) 73 54 63 85 / 86
Telefax (47) 54 63 87

Tittel Skaun kommune. Undersøkelse for å finne miljømessig gunstig utslippsdyp for kommunalt avløpsvann	Løpenr. (for bestilling) 5185-2006	Dato 13.3 2006
	Prosjektnr. Undernr. O-25322	Sider Pris 25
Forfatter(e) Jarle Molvær	Fagområde Oseanografi	Distribusjon Åpen
	Geografisk område Sør-Trøndelag	Trykket NIVA

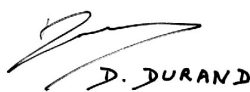
Oppdragsgiver(e) Asplan Viak AS, Postboks 6723, 7031Trondheim	Oppdragsreferanse
---	--------------------------

Sammendrag Skaun kommune har utslipp av kommunalt avløpsvann utenfor Børse og Buvika, og det er risiko for at sistnevnte kan komme i kontakt med munningsområdet til Gaula. Det er gjort målinger og beregninger for å finne en kombinasjon av utslippsdyp og utslippsarrangement som sikrer at avløpsvannet fra de to utslippene ikke påvirker vannkvaliteten i fjordens overflatelag, og at Buvika-utslippet ikke kommer i kontakt med elvemunningen. Uten diffusor bør utslippsdypet for begge steder være minst 35 m. For Buvika anbefales bruk av diffusor, og utslippsdypet kan da evt. reduseres til 30 m. For Børse synes ikke diffusor å være nødvendig, men kan gi en ekstra sikkerhet i forhold til påvirkning av overflatelaget.
--

Fire norske emneord 1. Skaun 2. Kommunalt avløpsvann 3. Avløpsdirektivet 4. Elvemunning	Fire engelske emneord 1. Skaun 2. Municipal wastewater 3. Urban wastewater directive 4. Estuary
--	--



Jarle Molvær
Prosjektleder



Dominique Durand
Forskningsleder



Øyvind Sørensen
Ansvarlig

ISBN 82-577-4903-6

O-25322

Skaun kommune

Undersøkelse for å finne miljømessig gunstig
utslippsdyp for kommunalt avløpsvann

Forord

Den foreliggende rapporten er utarbeidet for Asplan Viak AS, Trondheim, i samsvar med NIVAs prosjektforslag av 31.10. 2005 og kontrakt datert 30.11.2005.

Vi takker siv. ing. Ståle Fjorden, Asplan Viak, og Jan Erik Pedersen, Skaun kommune, for samvittighetsfull oppfølging av feltarbeidet og framskaffelse av data som var nødvendige for å gjennomføre prosjektet.

Oslo, 13.3 2006

Jarle Molvær

Innhold

Sammendrag	5
1. Bakgrunn og formål	6
2. Metodikk og data	9
2.1 Metodikk	9
2.2 Data	11
3. Resultater og vurderinger	12
3.1 Målinger av temperatur og saltholdighet	12
3.2 Beregning av innlagringsdyp for avløpsvannet	15
3.2.1 Utslipet ved Børse	15
3.2.2 Utslipet i Buvika	18
4. Litteratur	21
Vedlegg A. Hydrografiske data	22

Sammendrag

Skaun kommune er i gang med planleggingen av nye primærrenseanlegg for Buvika og Børsa. Det er små muligheter for vesentlige forflytninger av utslippspunktene. Dagens utslipp av kommunalt avløpsvann fra Buvika ligger så nær munningen av Gaula at det er mulig utslippet kommer inn under Avløpsdirektivets krav til utslipp som ligger i elvemunninger. **Formålet** med dette prosjektet er å:

Finne en kombinasjon av utslippsdyp og utslippsarrangement som sikrer at avløpsvannet

- *for begge utslipp innlagres så dypt at det ikke kommer i kontakt med overflatelaget i fjordområdet*
- *for utslippet ved Buvika: avløpsvannet skal ikke komme i kontakt med munningen av Gaula*

For å skaffe datagrunnlag for beregningene av innlagringsdyp for avløpsvannet ble det utført 4 målingsprofiler av temperatur og saltholdighet utenfor Børsa og Buvika høsten 2005. I tillegg brukes 5 målinger som ble utført utenfor Børsa i 1972-73. Det er utført beregningene med tre ulike vannmengder, utslippsdypene 30 m og 35 m, og to strømhastigheter. I alt 108 utslippskombinasjoner.

Sett i forhold til

- *mål om at avløpsvannet ikke skal påvirke overflatelaget*
- *at datamaterialet er forholdsvis tynt og at man derfor legger inn en viss margin*

viser resultatene at uten diffusor bør utslippsdypet både utenfor Børsa og utenfor Buvika være minst 35 m.

Diffusor gir bedre sikkerhet mot påvirkning av de øverste 10-15 m, men for Børsa synes ikke diffusor å være absolutt nødvendig. For Buvika anbefales diffusor for å sikre så dyp innlagring at munningen av Gaula ikke påvirkes. Utslippsdypet kan da være ca. 30 m.

1. Bakgrunn og formål

Skaun kommune er i gang med planleggingen av nye primærrenseanlegg for Buvika og Børsa, begge av størrelse ca. 3500 pe (**Figur 1**). For begge utslipp ønsker kommunen et utslippsarrangement som sikrer at avløpsvannet ikke stiger opp til overflata. Utslippene (særlig Buvika) ligger så nær munningen av Gaula og lokale mindre elver at det også er risiko for at de kommer inn under Avløpsdirektivets krav til utslipp som ligger i elvemunninger.

En elvemunning er vanligvis karakterisert av tre forhold (se også **Figur 2**):

1. Et overflatelag med lav og vekslende saltholdighet.
2. Utgående strøm i overflatelaget og inngående strøm like under dette.
3. Biologiske forhold som er tilpasset dette spesielle miljøet.

For å fjerne et utslipp fra en elvemunning kan det flyttes i to retninger:

- Horisontalt utover i fjorden: avhengig av størrelsen av ferskvannstilførselen og topografi kan det dreie seg om forflytning på mange kilometer.
- Vertikalt: de forholdene som karakteriserer elvemunningen er oftest avgrenset til de øverste 5-10 m av vannmassen. Dermed er det et alternativ å etablere et dyputslipp der avløpsvannet innlagres godt under elvemunningen (se **Figur 2**). Dette forutsetter selvfølgelig at resipienten ellers "tåler" den mengden av næringssalter og organisk stoff som utslippet fører med seg.

I møte 19.10 2005 mellom Skaun kommune, Asplan Viak og NIVA ble formålet med prosjektet definert som:

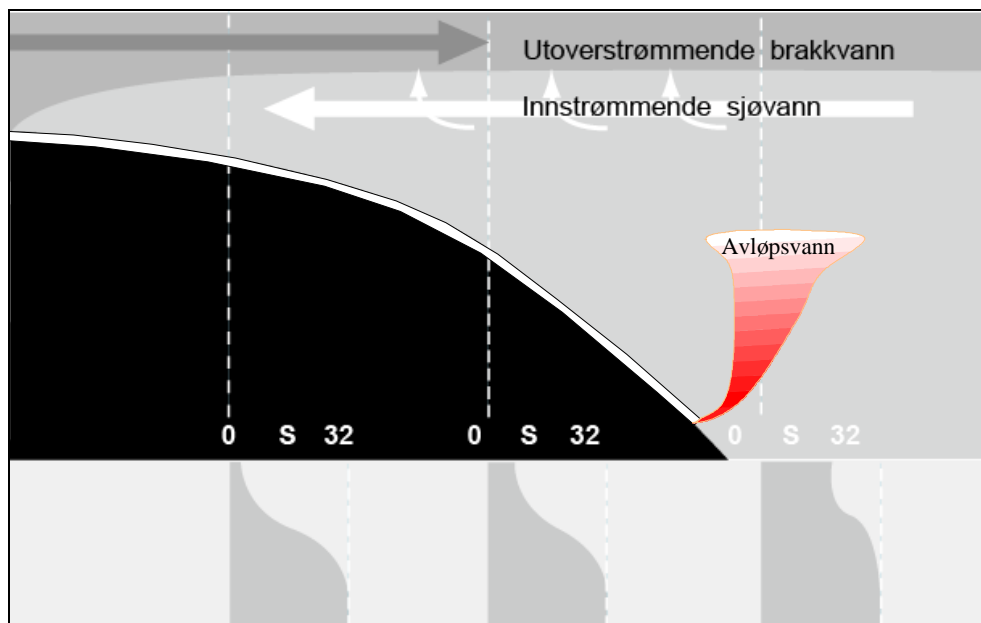
Finne en kombinasjon av dyp og utslippsarrangement som sikrer at avløpsvannet fra de to utslippene

1. *Ikke kommer i kontakt med elvemunninger i området.*
2. *ikke medfører forurensning av overflatelaget ved utslippsstedet*

Med "utslippsarrangement" menes det at man både skal utrede utslipp gjennom 1 hull og gjennom en diffusor. Dette er problemstillinger som NIVA er vel kjent med (se Molvær et al. 2002 og Molvær og Velvin 2004). I praksis vil ofte en løsning som oppfyller pkt. 1 samtidig oppfylle pkt. 2.



Figur 1. Børsa og Buvika. Utslippene vist med piler og målepunktene med sirkler.



Figur 2. Skjematisk bilde av strømforhold ved en elvemunning, og hvordan et utslipp kan plasseres for at avløpsvannet ikke kommer i kontakt med elvemunningen. Nedre del av figuren antyder hvordan den vertikale saltholdighetsprofilen kan endres med økende avstand fra munningen.

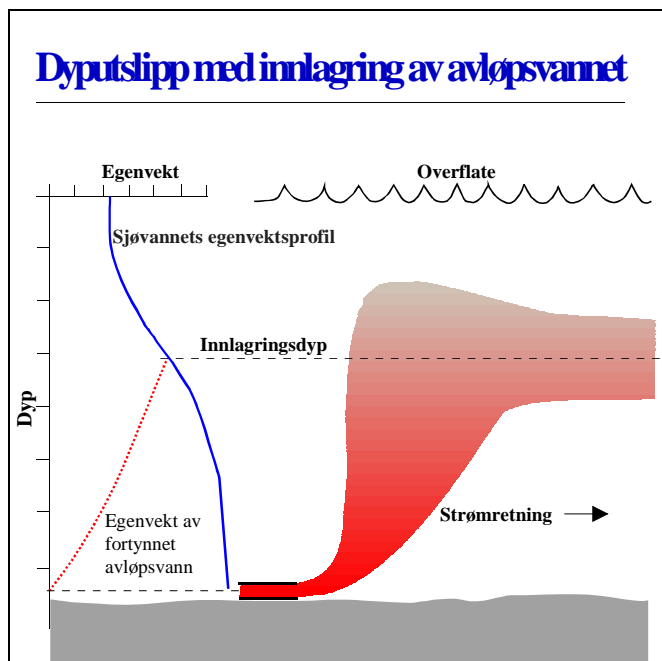
2. Metodikk og data

2.1 Metodikk

Asplan Viak opplyser at dimensjonerende vannmengde vil være ca. 40 l/s for begge anleggene. Avløpsvannet har i praksis samme egenvekt som ferskvann og er dermed lettere enn sjøvann. Det vil derfor begynne å stige mot overflata samtidig som det fortynnes raskt med omkringliggende sjøvann. Hvis sjøvannet har en stabil sjiktning (egenvekten øker mot dypet) fører dette til at egenvekten til blandingen av avløpsvann+sjøvann øker samtidig som egenvekten til det omkringliggende sjøvannet avtar og i et gitt dyp kan dermed blandingsvannmassen få samme egenvekt som sjøvannet omkring (se **Figur 3**). Da har ikke lenger blandingsvannmassen noen "positiv oppdrift", men har fortsatt vertikal bevegelsesenergi og vil vanligvis stige noe forbi dette "likevektsdypet" for så å synke tilbake og innlagres.

Dette innlagringsdypet kan beregnes og vi bruker da den numeriske modellen Visual PLUMES utviklet av U.S. EPA (Frick et al., 2001). Nødvendige opplysninger for modellsimuleringene er vannmengde, dyp og diameter for utslippsrøret samt strømhastigheten i resipienten. Ved å inkludere disse i modellsimuleringene kan konsentrasjon av de ulike komponentene i gitte avstander fra utslippspunktet beregnes og influensområdet kan kvantifiseres.

For tilfeller der man står rimelig fritt i valg av utslippsdyp, blir beregningene utført for de dypene som er aktuelle. Svært sjelden er det aktuelt med utslippsdyp større enn 40 m. Ved utløpet er Gaula ganske grunn (<10 m). Tatt i betraktning at vi ikke har data for hele året bør det som mål for å holde avløpsvannet unna elvemunningen legges inn en god margin, og en bør derfor ta sikte på at avløpsvannet innlagres dypere enn 15 m.



Figur 3. Prinsippskisse som viser hvordan et dyputslipp av avløpsvann fungerer i forhold til innlagring. En forutsetning for innlagring er at egenvekten for fjordvannet øker med dypet (vertikal sjiktning).



Figur 4. Munningsområdet til Gaula. Merk at dypet øker raskt straks en passerer 10 m isobat.

I en fjord er der vanligvis en vertikal sjiktning i sjøvannet og det fortynnede avløpsvannet kan innlagres, uten å nå overflaten. Etter innlagringen vil avløpsvannet spres med strømmen samtidig som det fortynnes videre.

For beregningene av innlagringsdyp og spredning behøves opplysninger om

1. ledningsdiameter
2. vannmengder: 3-4 typiske vannmengder
3. vertikale profiler av temperatur og saltholdighet
4. Opplysninger om strømforhold i innlagringsdypet

Hastigheten av strømmen mellom utslippsdyp og innlagringsdypet har betydning både for innlagringsdypet og for spredningen av det fortynnede avløpsvannet. I dette området vil en forvente et strømbilde preget av virkningen av tidevannsvariasjoner og av skiftende meteorologiske forhold (vind og lufttrykk). I det dypet hvor avløpsvannet er tenkt innlagret vil påvirkningen fra elvemunningen være minimal. Erfaringsmessig skaper dette et strømsystem der hastighet og retning varierer mye, og der hastigheten sjelden blir mer enn 10-12 cm/s.

Fordi strømhastigheten er av betydning for innlagringsdypet blir beregningene utført for en lav hastighet (2 cm/s) og en antatt høy hastighet (10 cm/s).

2.2 Data

Vertikalprofiler av temperatur og saltholdighet

I 1972-73 ble det utført 5 profiler i området og disse dataene er framskaffet (Jacobsen, 1974) og gjengitt i Vedlegg A. Målepunktet lå i nærheten av stasjonen S1 utenfor Børse og det er i utgangspunktet rimelig å anta at i sjøvannslaget ikke er store forskjeller mellom det gamle og det nye målepunktet (mer om dette i Kap. 3). Derimot i brakkvannslaget kan forskjellene være langt større. Datamaterialet er forholdsvis tynt, og på møtet 19.10.05 ble det avtalt å gjennomføres et supplerende måleprogram. **Figur 1** viser plasseringen av målestasjonene utenfor Børse og Buvika. Bunndypet var ca. 40 m der målingene ble gjort.

I tidsrommet 15.11-6.12.2005 ble det dermed utført ukentlige målinger av temperatur og saltholdighet med en selvregistrerende sonde av typen SensorData 204 som var stilt til rådighet av NIVA. Sonden registrerer dyp (trykk), saltholdighet, temperatur, dato og klokkeslett med 1 sekunds intervall mens den langsomt ble senket fra overflate og ned til bunnen. Dataene ble lest ut ved å koble sonden til en PC og ble fortløpende sendt over internett til NIVA. Det ble utført 4 måleserier og dataene er gjengitt i Vedlegg A. Målingene representerer bare en kort tid av året, men supplerer dataene fra 1970-tallet.

Beskrivelse av utslippene

Skaun kommune har gitt opplysninger om utslippet og disse er sammenfattet i **Tabell 1**. Store deler av avløpsnettets er fellessystem, og det medfører store variasjoner i vannmengden.

Tabell 1. Karakteristiske tall for de nåværende utslippene av kommunalt avløpsvann i Buvika og Børse.

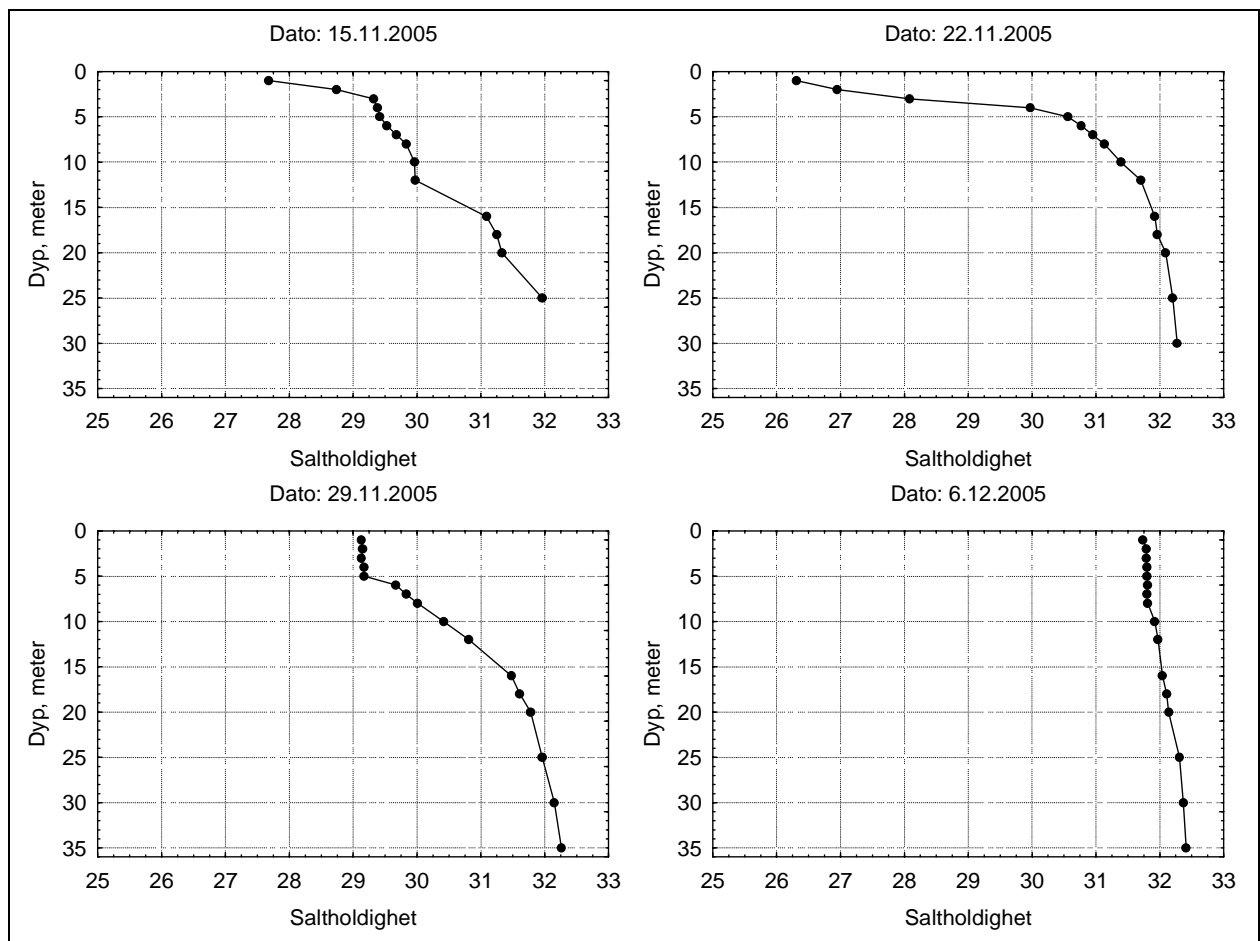
Utslippsdyp	Avløpsledning indre diameter	Vannmengde, l/s		
		Lav	Middels	Stor
Ca. 35 m	248 mm	10	20	40

3. Resultater og vurderinger

3.1 Målinger av temperatur og saltholdighet

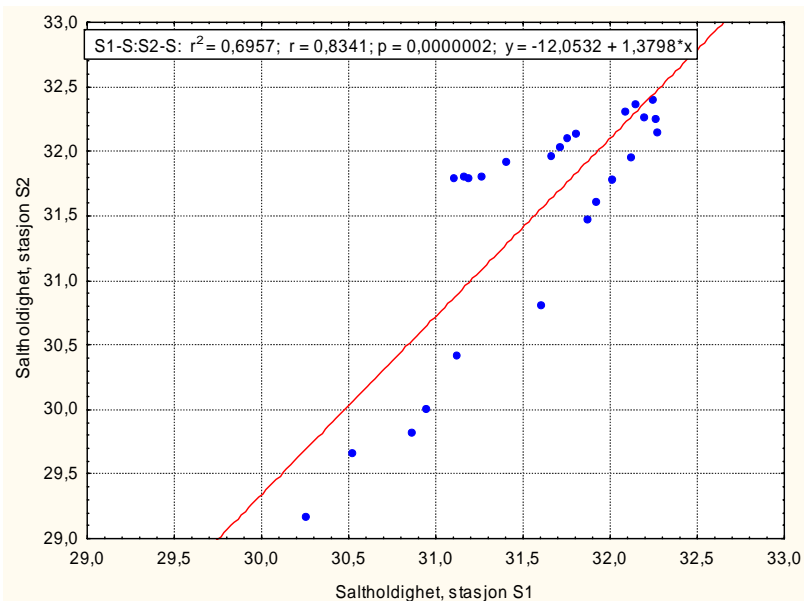
På grunn av varierende ferskvannsavrenning til fjorden og varierende vindforhold (bølger vil bidra til å blande ferskvannet med sjøvann) kan den vertikale tetthetssjiktningen variere mye med tiden. Saltholdigheten er i hovedsak bestemmende for vannet tetthet (egenvekt). **Figur 5** viser målingene utenfor Buvika i 2005. Som ventet var variasjonene størst nær overflata og mindre dypere nede. Dette viser at ved utslipp av en gitt mengde avløpsvann (for eksempel 10 l/s) kan innlagringsdypet variere mye fra gang til gang.

For øvrig er det tvilsomt som målingene den 6.12 er riktig. I motsetning til de andre tre datoene ser en ikke tegn til ferskvannet fra Gaula, og saltholdigheten i 1 m dyp er så høy som 31,8. Til sammenligning ble saltholdigheten i 1 m dyp målt til 28,6 utenfor Børsa som ligger betydelig lenger unna elvemunningen (se **Figur 7**). Vi velger derfor å se bort fra målingen utenfor Buvika den 6.12.

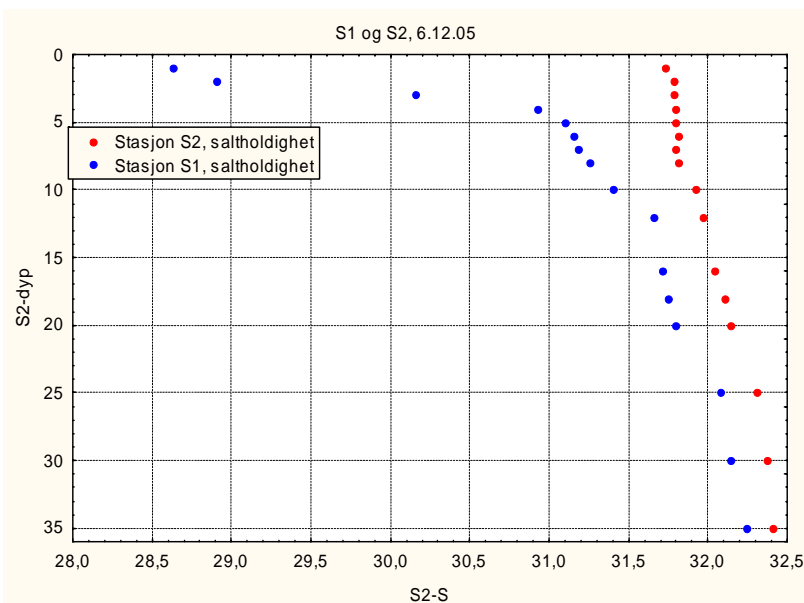


Figur 5. Stasjon S2 utenfor Buvika. Fire vertikalprofiler for saltholdighet målt med 1 ukes mellomrom.

Vi har forutsatt at målingene nær Børsa fra 1972-73 er representative for målingene på stasjon S2. Spørsmålet er videre om data fra Buvika avviker mye fra tilsvarende data fra Børsa. Hvis de ikke gjør det vil datagrunnlaget for Buvika være tilsvarende som for Børsa. I **Figur 6** er samsvarende data fra Børsa og Buvika plottet mot hverandre og vi finner som ventet en betydelig samvariasjon.

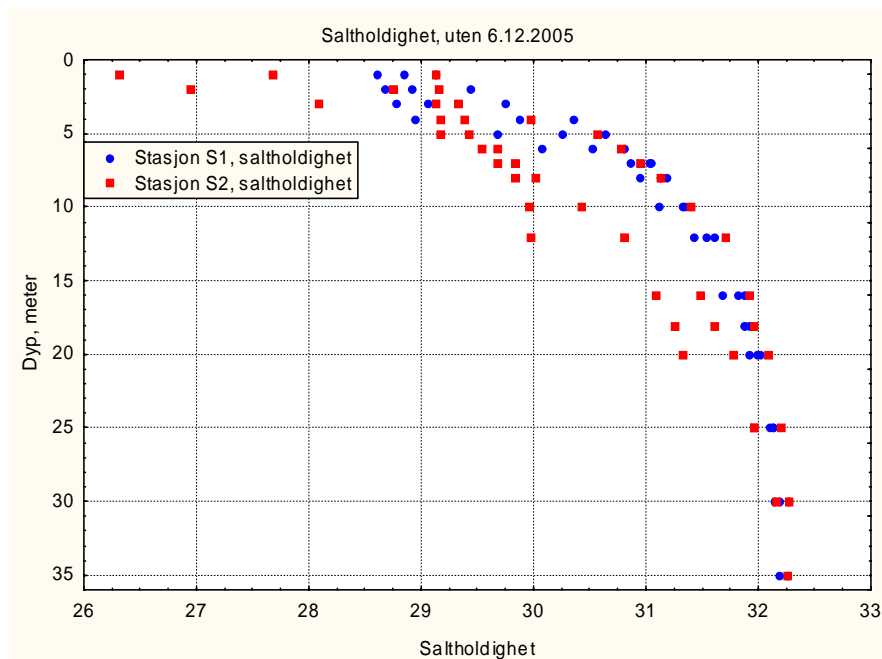


Figur 6. Saltholdighet på stasjon S1 (Børsa) plottet mot målinger i tilsvarende dyp på stasjon S2 (Buvika). Her er en tydelig samvariasjon. Koeffisienten $r^2=0,6957$ viser at ca. 70 % av variasjonene på stasjon S2 kan forklares som variasjoner på stasjon S1.



Figur 7. Vertikal saltholdighetsprofil på stasjon S1 (Børsa) og S2 (Buvika) den 6.12 2006.

Spørsmålet er videre hvor like målingene på disse to stasjonene er når man sammenligner dyp for dyp, og for de tre godtatte måleseriene høsten 2005 er dette vist i **Figur 8**. Fra overflata og ned til 22-24 m dyp var saltholdigheten jevnt over lavere på utenfor Buvika enn ved Børsa. Dette er ikke



Figur 8. Målinger av saltholdighet på stasjon S1 (Børse) og S2 (Buvika) høsten 2005, uten målingen den 6.12 2006.

overraskende tatt i betraktning at stasjonen utenfor Buvika lå betydelig nærmere elvemunningen enn stasjonen utenfor Børse. Fra overflata og ned til mellom 20 m og 25 m dyp var det oftest sterkere vertikal sjiktning utenfor Buvika enn utenfor Børse, som igjen betyr at man utenfor Buvika kan få dypere innlagring av avløpsvannet. Altså et gunstig utgangspunkt for å unngå påvirkning av elvemunningen til Gaula og for å unngå påvirkning av overflatelaget utenfor Buvika.

3.2 Beregning av innlagringsdyp for avløpsvannet

Som beskrevet i Kap. 2 tar beregningene av innlagringsdypet utgangspunkt i 9 vertikalprofiler og tre vannmengder, og utføres for utslipp i 35 m dyp – og med de to valgte strømhastighetene.

3.2.1 Utslipppet ved Børsla

Resultatene for utslipp uten diffusor og strømhastighet 2 cm/s er vist i **Figur 9**. Strålebanene (senterlinjen ”skyen” med fortynnet avløpsvann) viser hvordan avløpsvannet først stiger og deretter synker noe ned, og innlagres i 10-25 m dyp (jfr. også **Figur 3**). Figuren viser resultat fra kombinasjoner av alle vertikalprofiler og alle vannmengder, selv om noen kombinasjoner er mindre sannsynlig enn andre (se nedenfor). For stor vannmengde stiger avløpsvannet høyt før det innlagres i 10-12 m dyp. **Figur 10** viser at med økende strømhastighet blir strålebanene flatere og innlagringen kan skje vesentlig dypere.

Beregninger for utslipp gjennom en diffusor¹ i 30 m dyp er vist i **Figur 11**. Dette gir en dypere innlagring enn utslipp uten diffusor og dermed en noe økt sikkerhet mot påvirkning av de øvre 0-10 m i fjorden. En diffusor i 35 m dyp gir innlagring 3-5 m dypere enn utslipp i 30 m.

Ved utslipp fra et fellessystem kan en liten mengde avløpsvann være ensbetydende med en tørrværsperiode da fjorden tilføres forholdsvis lite ferskvann og sjiktningen er svak. Vi kjenner ikke mengden avløpsvann for tidspunktene da målingene i fjorden ble gjort i 1972-73 og i 2005, men det vil trolig være riktigst å vurdere resultatene for utslipp av 10 l/s i forhold til situasjoner med forholdsvis svak sjiktning i fjorden (lite ferskvann). Ut fra samme resonnement kan det være riktigst å vurdere resultatene for utslipp av 40 l/s i forhold til situasjoner med forholdsvis mye ferskvann og relativt sterk sjiktning i fjorden. Da vil kurvene i større grad samlet seg om det bildet vi ser for utslipp av 20 l/s (dvs. noe høyere innlagring for 10 l/s og noe dypere innlagring for 40 l/s).

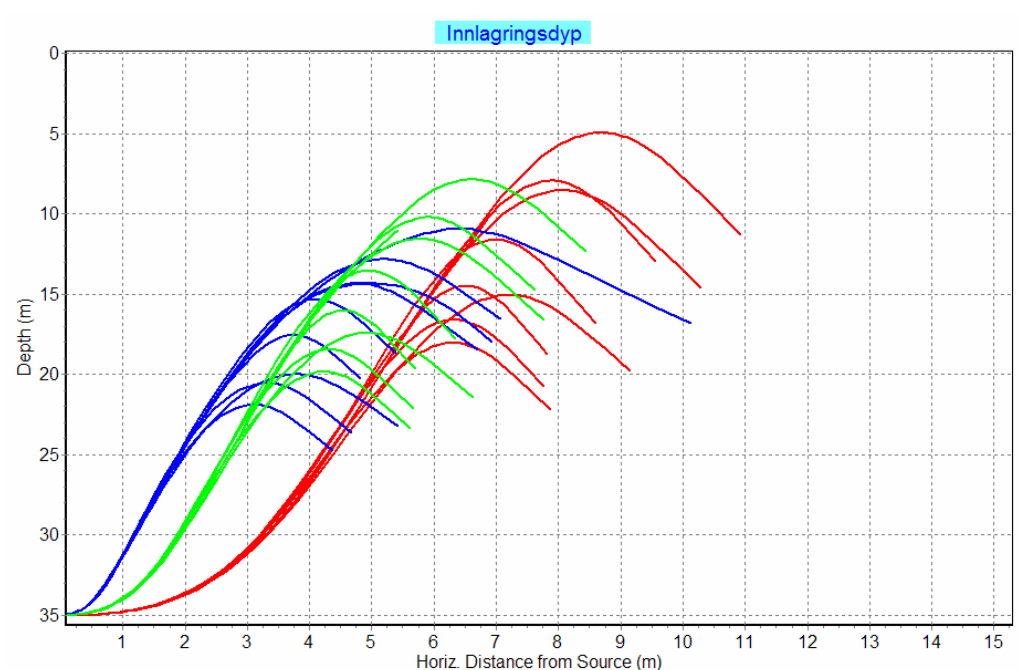
Sett i forhold til

- vårt mål om at avløpsvannet ikke bør innlagres høyere enn ca. 15 m dyp
- at toppen av skyen med fortynnet avløpsvann vil ligge høyere enn senterlinjen
- at en må legge mest vekt på resultatet for liten strømhastighet
- at datamaterialet er forholdsvis tynt og at man derfor legger inn en viss margin

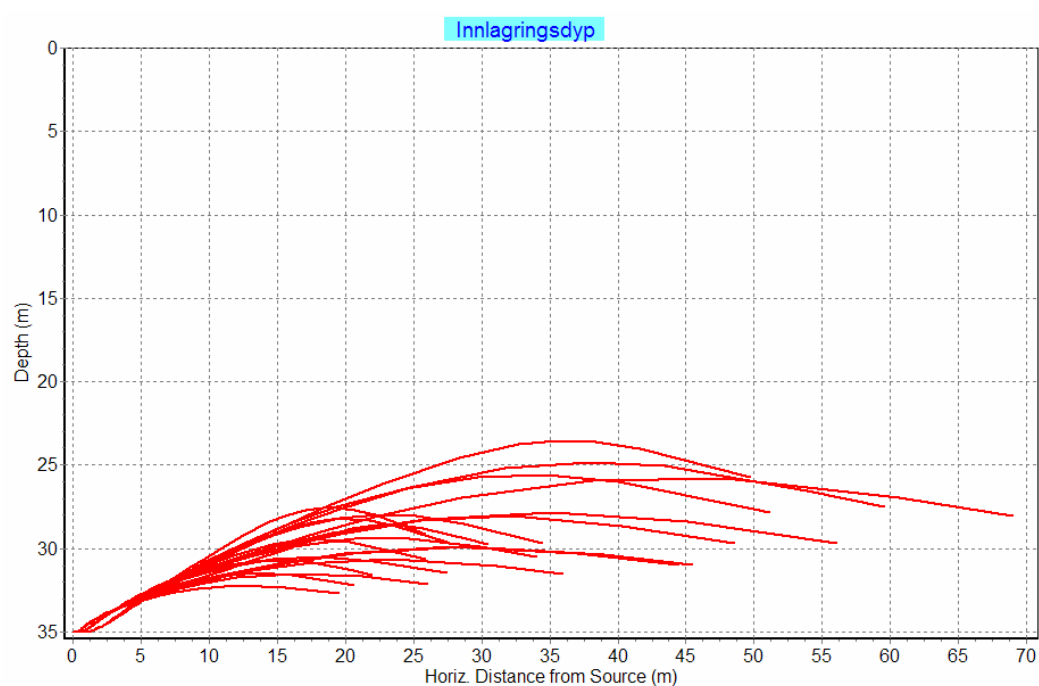
viser resultatene at uten diffusor bør utslippsdypet være minst 35 m.

Diffusor gir bedre sikkerhet mot påvirkning av de øverste 10-15 m, men synes ikke å være absolutt nødvendig. Utslippsdypet kan da være ca. 30 m.

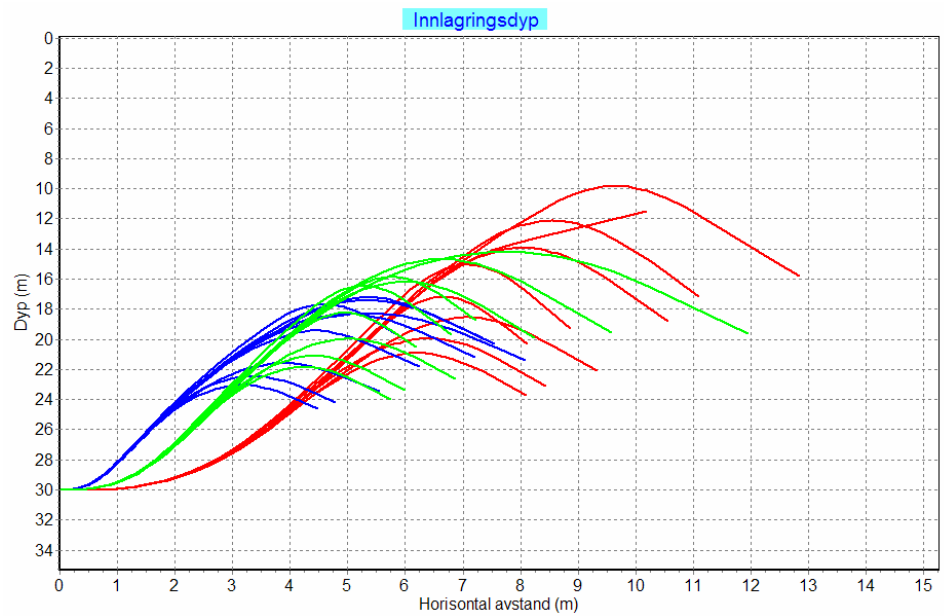
¹ Valg av antall hull og hullenes diameter er gjort etter skjønn, i hovedsak for å illustrere hva som oppnås ved bruk av diffusor.



Figur 9. Innlagringsdyp ved utslipp i 35 m dyp når vannmengden er 10 l/s (blå linjer), 20 l/s (grønne linjer) og 40 l/s (røde linjer) og strømhastigheten 2 cm/s. Figuren viser "strålebanene" for de 9 vertikallprofilene. Innlagringsdypet varierer mellom ca. 10-25 m.



Figur 10. Innlagringsdyp ved utslipp i 35 m dyp når vannmengden er 10, 20 og 40 l/s og strømhastigheten 10 cm/s. Innlagringsdypet er ca. 25-32 m.



Figur 11. Innlagringsdyp ved utslipp i 30 m dyp gjennom en diffusor med 7 hull med diameter 7 cm og innbyrdes avstand 2,5 m. Vannmengden er 10 l/s (blå linjer), 20 l/s (grønne linjer) og 40 l/s (røde linjer) og strømhastigheten 2 cm/s. Innlagringsdypet er ca. 15-25 m.

3.2.2 Utslipppet i Buvika

Resultatene for utslipp uten diffusor – hvor profilene fra 1972-73 (5) og fra 2005 (3) er brukt – vises i **Figur 12** og **Figur 13**. Strålebanene viser hvordan avløpsvannet først stiger og deretter synker noe ned og innlagres i 20-25 m dyp (jfr. også **Figur 3**). I beregningene er brukt kombinasjoner av alle vertikallprofiler og alle vannmengder, selv om noen kombinasjoner er mindre sannsynlig enn andre (se nedenfor).

Ved svak strømhastighet innlagres avløpsvannet i ca. 15-25 m dyp, altså noe dypere enn utenfor Børsa. Ved økende strømhastighet blir strålebanene flatere og innlagringen skjer vesentlig dypere.

Beregninger for utslipp gjennom en diffusor² i 30 m dyp er vist i **Figur 14**. Dette gir innlagring i 20-25 m dyp og dermed en betydelig økt sikkerhet mot påvirkning av de øvre 0-15 m i fjorden. En diffusor i 35 m dyp gir innlagring 3-5 m dypere enn ved utslipp i 30 m.

Vi har brukt 5 profiler målt i Børsaområdet i 1972-72, og som nevnt foran viste data fra 2005 at den vertikale sjiktningen utenfor Buvika oftest er sterkere enn ved Børsa. Sterkere sjiktning betyr i praksis dypere innlagring av avløpsvannet, og for de fleste av disse 5 profilene kan derfor det beregnede innlagringsdypet ligge noe for høyt (en sikkerhetsmargin).

Som påpekt i forbindelse med utslippet fra Børsa kan en liten mengde avløpsvann være ensbetydende med en tørrværsperiode, og at det trolig er riktigst å vurdere resultatene for utslipp av 10 l/s i forhold til situasjoner med forholdsvis svak sjiktning i fjorden (lite ferskvann). Tilsvarende kan det være riktigst å vurdere resultatene for utslipp av 40 l/s i forhold til situasjoner med forholdsvis mye ferskvann og relativt sterk sjiktning i fjorden. Da vil kurvene i større grad samlet seg om det bildet vi ser for utslipp av 20 l/s (dvs. noe høyere innlagring for 10 l/s og dypere innlagring for 40 l/s).

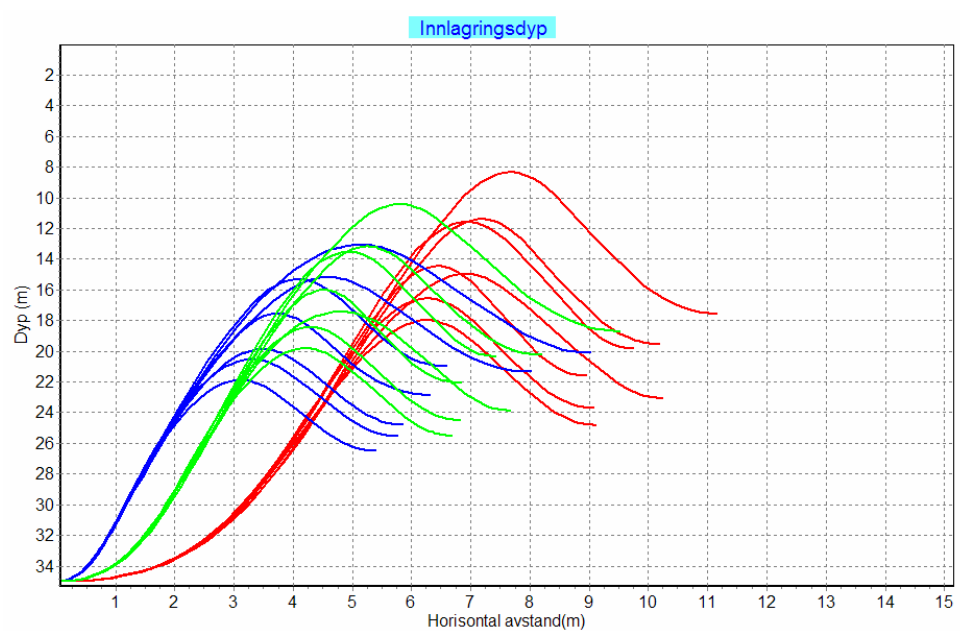
Sett i forhold til

- vårt mål om at avløpsvannet ikke bør innlagres høyere enn ca. 15 m dyp
- at toppen av skyen med fortynnet avløpsvann vil ligge høyere enn senterlinjen
- at en må legge mest vekt på resultatet for liten strømhastighet
- at datamaterialet er forholdsvis tynt tilsier at man legger inn en viss margin

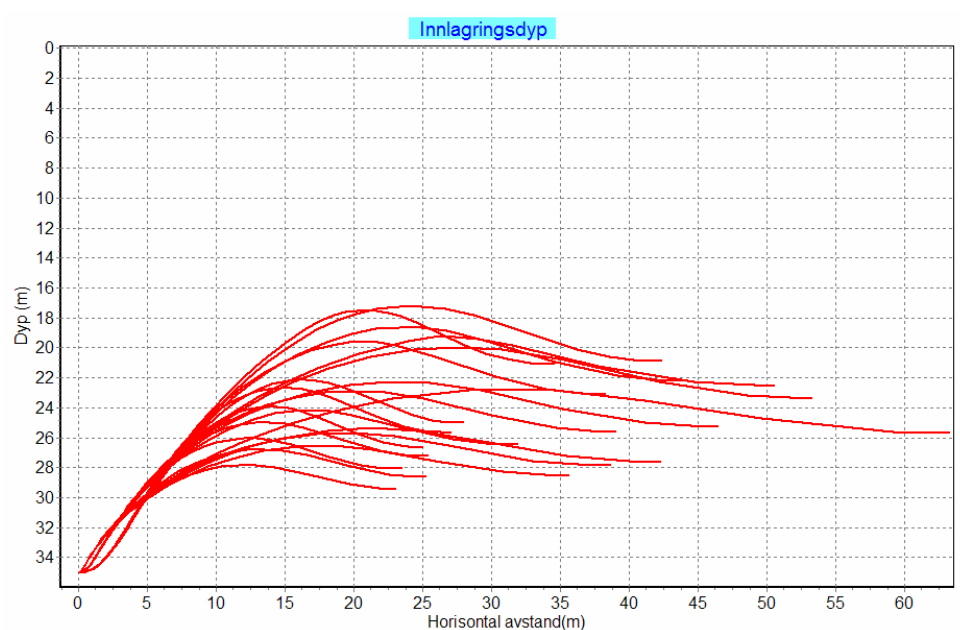
viser resultatene at uten diffusor bør utslippsdypet være minst 35 m.

Bruk av diffusor anbefales fordi det gir en god sikkerhetsmargin i forhold til påvirkning av Gaulas munning, og utslippet kan da ligge i ca. 30 m dyp.

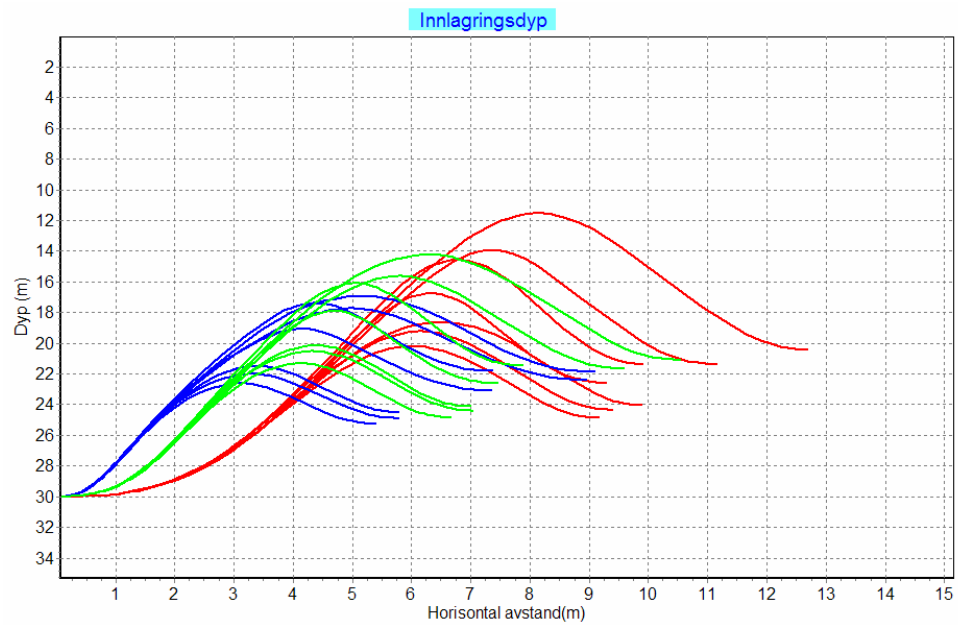
² Valg av antall hull og hullenes diameter er gjort etter skjønn, i hovedsak for å illustrere hva som oppnås ved bruk av diffusor.



Figur 12. Innlagringsdyp ved utslipp i 35 m dyp når vannmengden er 10 l/s (blå linjer), 20 l/s (grønne linjer) og 40 l/s (røde linjer) og strømhastigheten 2 cm/s. Figuren viser "strålebanene" for de 9 vertikallprofilene. Innlagringsdypet varierer mellom ca. 16-26 m.



Figur 13. Innlagringsdyp ved utslipp i 35 m dyp når vannmengden er 10, 20 og 40 l/s og strømhastigheten 10 cm/s. Innlagringsdypet er ca. 20-30 m.



Figur 14. Innlagringsdyp ved utslipp i 30 m dyp gjennom en diffusor med 7 hull med diameter 7 cm og innbyrdes avstand 2,5 m. Vannmengden er 10 l/s (blå linjer), 20 l/s (grønne linjer) og 40 l/s (røde linjer) og strømhastigheten 2 cm/s. Innlagringsdypet er ca. 20-25 m.

4. Litteratur

Frick, W.E., Roberts, P.J.W., Davis, L.R., Keyes, J, Baumgartner, D.J. and George, K.P., 2001. Dilution Models for Effluent Discharges, 4th Edition (Visual Plumes). Environmental Research Division, U.S. Environmental Protection Agency, Athens Georgia, USA.

Molvær, J., Velvin, R., Berg, I., Finnesand, T. og Bratli. J.L., 2002. EUs Avløpsdirektiv - Veileder i planlegging, gjennomføring og rapportering av resipientundersøkelser i fjorder og kystfarvann. SFT-rapport. TA-nr.1890/2002. 47 sider.

Molvær, J. og Velvin, R., 2004. EUs avløpsdirektiv. Hva er en elvemunning? VANN Vol.1/04

Vedlegg A. Hydrografiske data

Stasjon	Dato	Dyp, m	Saltholdighet	Temperatur
S1	15.11.2005	1	28,60	8,537
S1	15.11.2005	2	28,67	8,571
S1	15.11.2005	3	28,77	8,612
S1	15.11.2005	4	28,94	8,668
S1	15.11.2005	5	29,68	8,959
S1	15.11.2005	6	30,07	9,072
S1	15.11.2005	7	31,04	9,521
S1	15.11.2005	8	31,19	9,632
S1	15.11.2005	10	31,34	9,734
S1	15.11.2005	12	31,42	9,779
S1	15.11.2005	16	31,68	10,030
S1	15.11.2005	18	31,88	10,265
S1	15.11.2005	20	31,91	10,304
S1	15.11.2005	25	32,10	10,408
S1	15.11.2005	30	32,14	10,426
S1	15.11.2005	35	32,18	10,425
S1	15.11.2005	40	32,18	10,424
S1	15.11.2005	45	32,24	10,439
S1	15.11.2005	50	32,29	10,435
S1	15.11.2005	60	32,34	10,440
S2	15.11.2005	1	27,68	8,252
S2	15.11.2005	2	28,74	8,531
S2	15.11.2005	3	29,32	8,651
S2	15.11.2005	4	29,38	8,665
S2	15.11.2005	5	29,42	8,664
S2	15.11.2005	6	29,53	8,681
S2	15.11.2005	7	29,68	8,735
S2	15.11.2005	8	29,83	8,771
S2	15.11.2005	10	29,96	8,861
S2	15.11.2005	12	29,97	8,907
S2	15.11.2005	16	31,09	9,594
S2	15.11.2005	18	31,25	9,716
S2	15.11.2005	20	31,33	9,758
S2	15.11.2005	25	31,96	10,325
S1	22.11.2005	1	29,13	7,840
S1	22.11.2005	2	29,44	7,906
S1	22.11.2005	3	29,75	8,161
S1	22.11.2005	4	30,35	8,618
S1	22.11.2005	5	30,63	8,839
S1	22.11.2005	6	30,81	8,962
S1	22.11.2005	7	31,03	9,117
S1	22.11.2005	8	31,13	9,234
S1	22.11.2005	10	31,32	9,192
S1	22.11.2005	12	31,54	9,560
S1	22.11.2005	16	31,82	10,041
S1	22.11.2005	18	31,87	10,125

Stasjon	Dato	Dyp, m	Saltholdighet	Temperatur
S1	22.11.2005	20	31,99	10,262
S1	22.11.2005	25	32,13	10,391
S1	22.11.2005	30	32,19	10,424
S2	22.11.2005	1	26,31	7,426
S2	22.11.2005	2	26,95	7,655
S2	22.11.2005	3	28,08	8,031
S2	22.11.2005	4	29,97	8,454
S2	22.11.2005	5	30,56	8,836
S2	22.11.2005	6	30,77	9,108
S2	22.11.2005	7	30,95	9,364
S2	22.11.2005	8	31,13	9,505
S2	22.11.2005	10	31,39	9,790
S2	22.11.2005	12	31,70	10,093
S2	22.11.2005	16	31,92	10,304
S2	22.11.2005	18	31,96	10,353
S2	22.11.2005	20	32,09	10,459
S2	22.11.2005	25	32,20	10,487
S2	22.11.2005	30	32,27	10,511
S1	29.11.2005	1	28,84	6,147
S1	29.11.2005	2	28,92	6,287
S1	29.11.2005	3	29,06	6,633
S1	29.11.2005	4	29,88	7,320
S1	29.11.2005	5	30,25	7,773
S1	29.11.2005	6	30,52	8,139
S1	29.11.2005	7	30,86	8,514
S1	29.11.2005	8	30,94	8,665
S1	29.11.2005	10	31,12	8,971
S1	29.11.2005	12	31,60	9,556
S1	29.11.2005	16	31,87	10,061
S1	29.11.2005	18	31,92	10,121
S1	29.11.2005	20	32,01	10,276
S1	29.11.2005	25	32,12	10,372
S1	29.11.2005	30	32,27	10,428
S1	29.11.2005	35	32,26	10,424
S2	29.11.2005	1	29,13	6,633
S2	29.11.2005	2	29,15	6,639
S2	29.11.2005	3	29,13	6,653
S2	29.11.2005	4	29,17	6,717
S2	29.11.2005	5	29,17	6,995
S2	29.11.2005	6	29,67	7,365
S2	29.11.2005	7	29,83	7,531
S2	29.11.2005	8	30,01	7,700
S2	29.11.2005	10	30,42	8,309
S2	29.11.2005	12	30,81	8,611
S2	29.11.2005	16	31,48	9,460
S2	29.11.2005	18	31,61	9,649
S2	29.11.2005	20	31,78	10,032
S2	29.11.2005	25	31,96	10,253
S2	29.11.2005	30	32,15	10,424

Stasjon	Dato	Dyp, m	Saltholdighet	Temperatur
S2	29.11.2005	35	32,26	10,453
S1	06.12.2005	1	28,63	6,349
S1	06.12.2005	2	28,91	6,661
S1	06.12.2005	3	30,16	7,888
S1	06.12.2005	4	30,93	8,183
S1	06.12.2005	5	31,10	8,311
S1	06.12.2005	6	31,16	8,372
S1	06.12.2005	7	31,18	8,397
S1	06.12.2005	8	31,26	8,462
S1	06.12.2005	10	31,40	8,727
S1	06.12.2005	12	31,66	9,297
S1	06.12.2005	16	31,71	9,428
S1	06.12.2005	18	31,75	9,499
S1	06.12.2005	20	31,80	9,598
S1	06.12.2005	25	32,08	10,065
S1	06.12.2005	30	32,14	10,127
S1	06.12.2005	35	32,24	10,214
S2	06.12.2005	1	31,83	9,208
S2	06.12.2005	2	31,79	9,266
S2	06.12.2005	3	31,79	9,278
S2	06.12.2005	4	31,80	9,284
S2	06.12.2005	5	31,80	9,287
S2	06.12.2005	6	31,81	9,294
S2	06.12.2005	7	31,80	9,296
S2	06.12.2005	8	31,81	9,322
S2	06.12.2005	10	31,92	9,687
S2	06.12.2005	12	31,97	9,656
S2	06.12.2005	16	32,04	9,793
S2	06.12.2005	18	32,11	9,995
S2	06.12.2005	20	32,14	10,124
S2	06.12.2005	25	32,31	10,325
S2	06.12.2005	30	32,37	10,391
S2	06.12.2005	35	32,41	10,395

Stasjon	Dato	Dyp, m	Saltholdighet	Temperatur
12	12.09.1972	0	17,88	10,65
12	12.09.1972	2	28,13	11,24
12	12.09.1972	5	29,94	12,50
12	12.09.1972	10	31,14	12,67
12	12.09.1972	20	31,88	12,54
12	12.09.1972	30	32,33	11,67
12	12.09.1972	40	32,90	10,29
12	19.03.1973	0	29,58	4,82
12	19.03.1973	2	29,53	4,80
12	19.03.1973	5	29,57	4,83
12	19.03.1973	10	31,99	5,92
12	19.03.1973	20	33,10	6,57
12	19.03.1973	30	33,27	6,78
12	19.03.1973	40	33,49	7,07
12	08.05.1973	0	19,63	5,69
12	08.05.1973	2	29,17	6,47
12	08.05.1973	5	30,25	6,26
12	08.05.1973	10	32,21	6,04
12	08.05.1973	20	32,81	6,42
12	08.05.1973	30	33,39	6,05
12	08.05.1973	40	33,74	7,15
12	04.07.1973	2	20,84	13,66
12	04.07.1973	5	29,16	9,15
12	04.07.1973	10	31,52	8,27
12	04.07.1973	20	33,02	7,45
12	04.07.1973	30	33,36	7,28
12	04.07.1973	40	33,62	7,28
12	25.09.1973	0	11,23	9,23
12	25.09.1973	2	26,25	9,84
12	25.09.1973	5	29,01	10,24
12	25.09.1973	10	30,68	10,66
12	25.09.1973	20	32,32	10,47
12	25.09.1973	30	33,12	8,92
12	25.09.1973	40	33,46	8,20